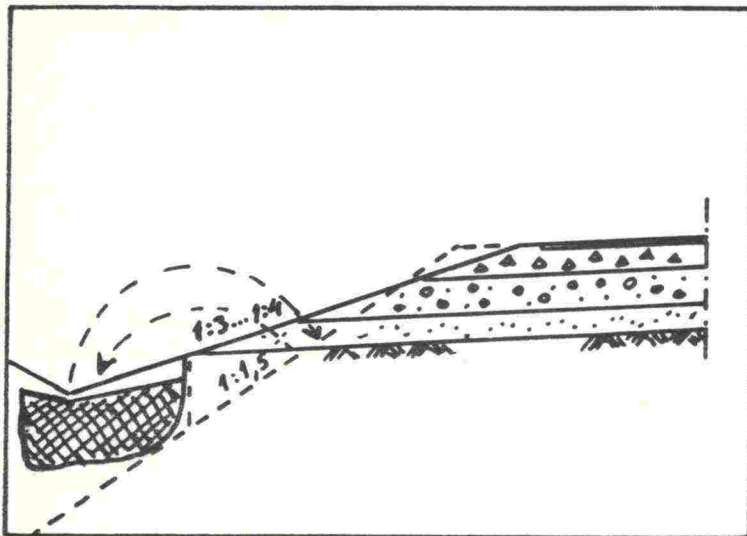
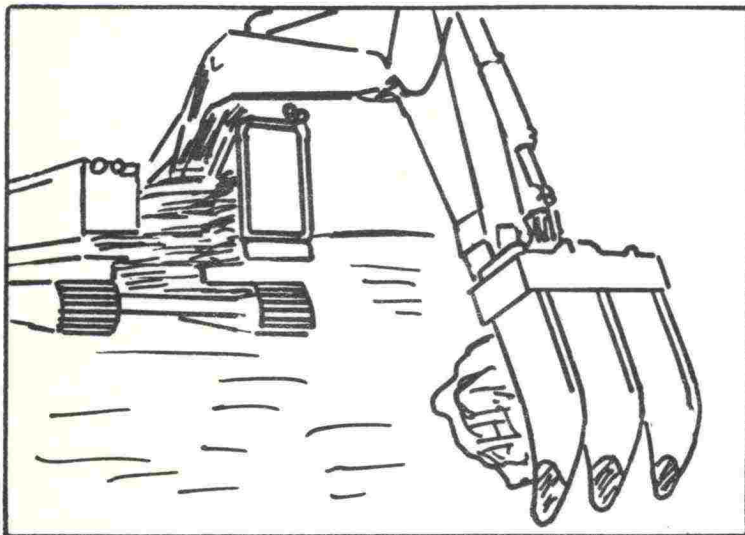


25.6.1986



RAKENNUSPAIKALTA SAATAVIEN MATERIAALIEN HYVÄSIKÄYTTÖ TIERAKENTEISSA

PASMA-PROJEKTIN LOPPURAPORTTI



08

T/C



86:648/2

SISÄLLYSLUETTELO

	Sivu
TIIVISTELMÄ	1
1. YLEISTÄ	3
1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet	3
1.2 Projektin vaiheet	3
2. MAHDOLLISUUKSIEN ALUSTAVA KARTOITUS	4
3. RAIVAUSJÄTTEIDEN HÄVITTÄMINEN	7
3.1 Työmenetelmät	7
3.2 Käyttömäärät	9
3.21 Toteutuma	9
3.22 Mahdollisuudet	10
3.3 Kustannukset	11
3.4 Vaikutus laatuun	13
4. POHJAMAAN HOMOGENISOINTI	16
4.1 Työmenetelmät	16
4.2 Käyttö	16
4.3 Kustannukset	17
4.4 Vaikutus laatuun	18
5. MUITA PAIKALLARAKENTAMISMENETELMIÄ	18
6. SUOSITUKSIA MENETELMIEN KÄYTÖSTÄ	19

LIITTEET

KIRJALLISUUSVIITTEET



TIIVISTELMÄ

Rakennuspaikalta saatavien materiaalien hyväksikäyttömahdollisuuksia tienrakennuksessa on selvitelty vuodesta 1982 alkaen ns. PASMA-projektin puitteissa.

Projektin alkuvaiheissa etsittiin menetelmiä hyödyntää paikalla rakentamista sitomattomien päällysrakennekerrosten teossa. Mahdollisuuksien alustavan kartoituksen jälkeen todettiin, että päähuomio kannattaa suunnata pengermassojen hankintaan.

Materiaalitalouden kannalta merkittävimmäksi kysymykseksi todettiin, että samaan aikaan, kun penkereeseen kelvollisia leikkausmaita ajetaan kaatopaikalle, ajetaan varamaan ottopaikalta pengermaata, joka usein on vielä hiekkaa tai soraa. Sitomattomiin kerroksiin kelpaavaa pohjamaata esiintyy sen sijaan käytännössä melko harvoin.

Erityisesti selvitettiin raivausjätteiden hävittämismenetelmien käyttömahdollisuuksia, kustannuksia ja vaikutusta valmiin tien laatuun.

Tehtyjen selvitysten mukaan on arvioitu, että raivausjätteiden hautausta voitaisiin käyttää noin 30 %:ssa raivauksista (nykyisin ~ 4 %). Realistinen tavoite on noin 20 % osuus.

Jos hautausmenetelmää käytettäisiin 20 %:ssa kaikista raivauksista, saavutettaisiin tällä vuosittain noin 4,5 Mmk:n säästö.

Raivausjätteiden sijoitusta luiskiin on arvioitu käytettävän noin 15 %. Tämä osuus voitaisiin nostaa noin 25 %:iin mm. luiskia loiventamalla, jolloin säästettäisiin noin 2 Mmk/v.

Hautausmenetelmän käytön lisääminen on kuitenkin suositeltavampaa kuin luiskaan sijoituksen, koska jälkimmäisellä saatavat säästöt ovat olennaisesti pienempiä. Raivausjätteiden hautaus- ja luiskaan sijoitusmenetelmillä voitaisiin saavuttaa säästöä yhteensä noin 6,5 Mmk/v.

Jotta raivausjätteiden hävittäminen rakennuspaikalla lisääntyisi käytännössä, tulisi menetelmien käyttö ottaa huomioon rakennussuunnitelmissa ja urakkatarjouspyynnöissä.

Raivausjätteiden hävittäminen em. menetelmillä rakennuspaikalla ei vaaranna valmiin tien laatua, kunhan työ tehdään ohjeiden mukaisesti. Hautauksessa on kaivanto tehtävä riittävän kauas tien reunasta ja luiskaan sijoituksessa on huolehdittava tien rungon kuivatusjärjestelyistä.

Jos on todennäköistä, että maapohjan epähomogeenisuudesta aiheutuu myöhemmin epätasaisuutta tai jos kivien nousua pintaan on odotettavissa, maapohjan homogenisointi ja maakivien haraus pohjamaasta piikkikauhalla on suositeltavaa tien rakentamis- ja parantamishankkeilla. Tällöin vähennetään valmiin tien epätasaisia routimismousuja ja vältetään kivien nousun aiheuttamilta myöhemmiltä korjauksilta.

Kivien haraukseen nähden on massanvaihto toissijainen vaihtoehto, koska se maksaa moninkertaisesti. Haratun pohjamaan tiivistämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota ja päällystäminen on syytä tehdä vasta seuraavana vuonna.

Lisätietoja tutkimuksesta antaa tie- ja vesirakennushallituksessa DI Kyösti Laukkanen p. (90) 154 2513.

1. YLEISTÄ

1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

Paikalla rakentamisella tarkoitetaan työmenetelmiä, joissa kuormaamatta välillä kuljetusvälineen lavalle joko hankintaan rakennuspaikalta käyttökelpoista materiaalia tai hävitetään rakennuspaikalla käyttökelvoton materiaali.

Paikalta saatavien materiaalien käyttömahdollisuuksien ja kannattavuuden selvittämiseksi käynnistettiin vuoden 1982 lopussa ns. PASMA-projekti.

Projektin alku ajoittuu tilanteeseen, jolloin kuljetuskustannukset olivat nousseet muita kustannustekijöitä nopeammin. Kuljetuksia haluttiin vähentää paikalta saatavien massojen käyttöä tehostamalla. Paikalla rakentamisen menetelmäkokeiluja oli tehty useissa piireissä, mutta sen kaikkia käyttömahdollisuuksia ei ollut selvitetty.

Projektin alkuvaiheissa etsittiin menetelmiä hyödyntää rakennuspaikalta saatavia materiaaleja sitomattomien päällysrakennekerrosten teossa.

Myöhemmin keskityttiin pengermassojen hankintaan. Perusteena tähän oli, että sitomattomiin kerroksiin kelpaavaa pohjamaata esiintyy käytännössä melko harvoin.

Myös menetelmän vaikutus lopputuloksen laatuun haluttiin selvittää. Uusien menetelmien kehittämisen asemasta nousi ensisijaiseksi tiedossa olevien menetelmien käyttömahdollisuuksien selvittäminen ja käytön edistäminen.

1.2 Projektin vaiheet

Projektin toteuttamiseksi perustettiin vuoden 1982 lopulla työryhmä, jonka jäseninä ovat olleet:

ins. Jorma Lähetkangas/Rr	(v.82-83)
DI Kyösti Laukkanen	(v.84-86)
DI Kari Lehtonen/Sts	(v.82-86)

DI Kari Nykter/Rt	(v.82-83)
DI Tuomo Kallionpää/Rt	(v.84-86)
DI Matti Partanen	(v.82-86)

Vuonna 1983 tehtiin paikalla rakentamisen työmenetelmien käyttömahdollisuuksien alustava kartoitustyö. Vuosina 1984-86 tutkittiin paikalla rakentamisen käytön vaikutusta tierakenteen laatuun, selvitettiin käyttömahdollisuuksia rakennushankkeittain sekä tehtiin kustannusvertailulaskelmia.

Tämän loppuraportin lisäksi projektista on julkaistu yksi väliraportti ja kaksi osaraporttia /2/,/3/,/4/.

Loppuraportti, joka on käsitelty PASMA-työryhmässä 4.2.1986 sisältää olennaisimman osan projektin tuottamista väli- ja osaraporteista sekä niiden perusteella laaditut suositukset menetelmien käytöstä.

2. MAHDOLLISUUKSIEN ALUSTAVA KARTOITUS

Päällysrakenteen alta mitatut kantavuudet vuosilta 1971 ja 1980 osoittavat heikompilaatuisten materiaalien (E-F) osuuden kasvaneen alusrakenteessa 49 % → 77 %. Tämä on seurausta siitä, että aiemmin pystyttiin tienrakennusta ohjaamaan paremmin kantaville alueille ja että penkereisiin käytetään nykyisin heikompaa materiaalia kuin ennen (liitteet 1 ja 2).

Maalajin käyttökelpoisuutta penkereeseen arvioidaan olosuhdeherkkyyssluokan perusteella. Luokat ovat seuraavat /5/:

Lm1 Maalajit, joiden hienoainespitoisuus (0,074 mm) on alle 8 %

- pengerrys ja tiivistäminen on yleensä helppoa
- routimattomia, kelpaavat yleensä myös päällysrakenteeseen

Lm1a Maalajit, joiden hienoainespitoisuus on 8...35 %

- märkyys haittaa jonkin verran pengerrystä ja tiivistämistä
- routivia tai routimattomia

Lm2 Maalajit, joiden hienoainespitoisuus on yli 35 %, ei kuitenkaan savi eikä savinen silttimoreeni

- märkyys estää yleensä materiaalin käytön pengertäytteeksi
- luiskat on suojattava heti pintavesien syövyttävää vaikutusta vastaan

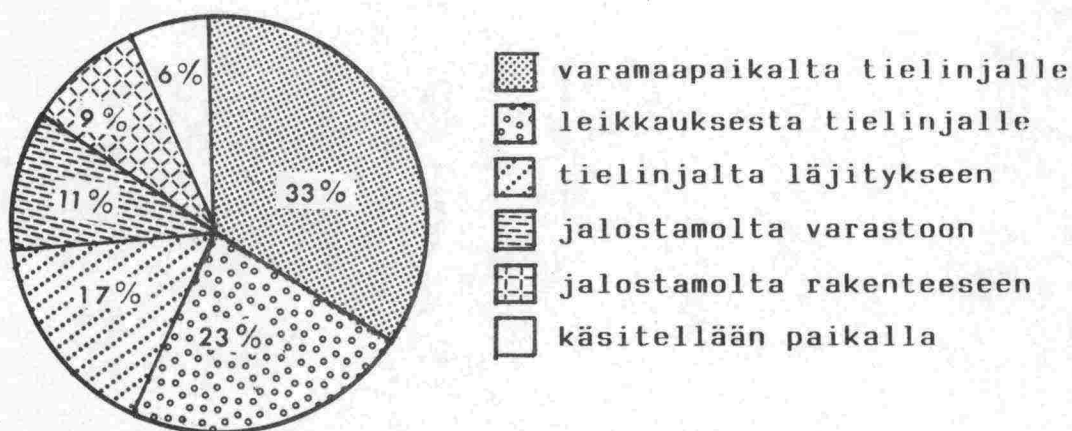
Lm3 Savi ja savinen silttimoreeni

- voidaan käyttää pengertäytteeksi vain erityistapauksissa

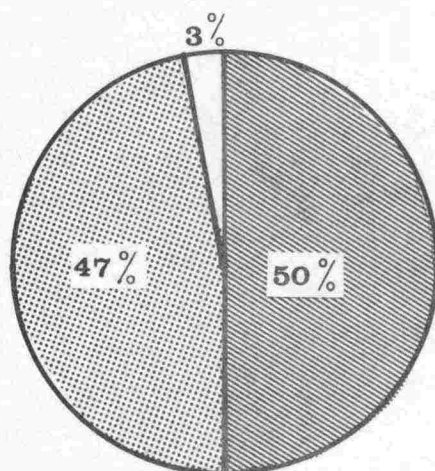
Maaperätiedoista tehtyjen selvitysten perusteella arvioitiin, että noin 70 % maaperästä on moreeneja. Näistä on osa liian suuren hienoainespitoisuuden, lohkaraisuuden tai vesipitoisuuden vuoksi penkereisiin kelpaamatonta. Moreeneista kelpaa arviolta vähän yli puolet penkereisiin.

Tienrakennushankkeilla liikutellut massavirrat v. 1978 inventoitiin v. 1981 tehdyssä selvityksessä /1/. Tämän pohjalta tehtiin johtopäätös, että materiaalitalouden kannalta merkittävin kysymys on siinä, että samanaikaisesti, kun penkereeseen kelpoollisia leikkausmaita ajetaan kaatopaikalle, tuodaan varamaanottopaikalta pengermaita, jotka useimmiten ovat hiekkaa tai soraa.

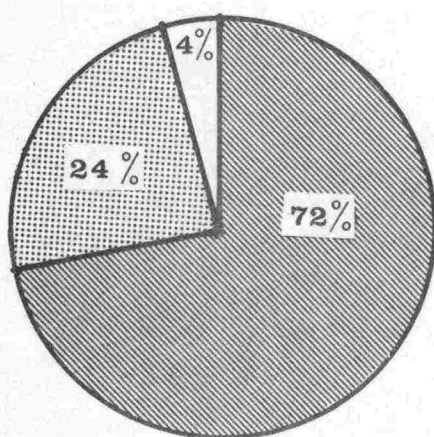
Tienrakennushankkeen maamassoista muodostavat pääosan pengertäytettä ja leikkausmassat sekä sitomattomat rakennekerrokset (kuvat 1 ja 2)



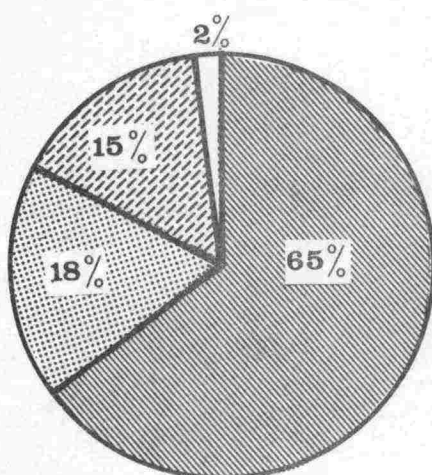
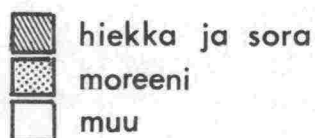
Kuva 1: Tienrakennushankkeiden massavirrat 1978



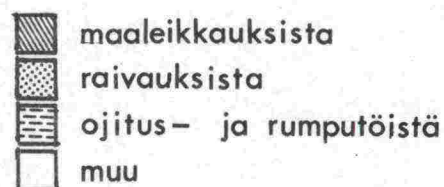
Varamaapaikalta tielinjalle



Varamaapaikalta penkereisiin



Läjitysmassat



Kuva2: Varamaapaikalta tielinjalle ja penkereisiin tuotavien sekä läjitettävien massojen jakautuma v. 1978, /1/

Sitomattomiin kerroksiin kelpaavaa pohjamaata esiintyy käytännössä melko harvoin. Päälysrakenteen massamäärä on niin pieni, ettei sillä ole kovinkaan suurta merkitystä muihin massavirtoihin verrattuna. Projekti keskittyikin jatkossa pengeri- ja läjitysmassoisiin.

Uusien rakenneratkaisujen kehittämiseksi järjestettiin yksi ideointipalaveri, jossa uusia ideoita etsittiin aivoriihimenettelmällä. Uusia merkittäviä ratkaisuja ei ideointi tuottanut.

3. RAIVAUSJÄTTEIDEN HÄVITTÄMINEN

3.1 Työmenetelmät

Pengerosuuksilla poistetaan yleensä kannot, mättäät ja tarvittaessa aluskasvillisuus ja pintamaa sekä ylisuuret kivet.

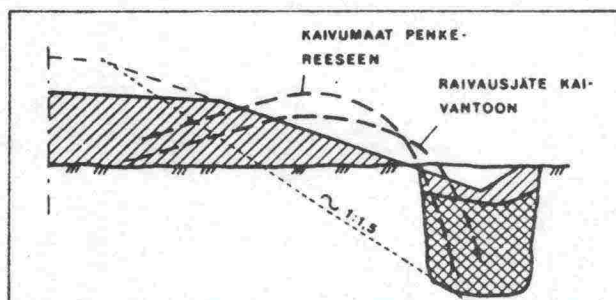
Leikkaukset raivataan, jos leikkausmassoja käytetään penkereisiin tai päälysrakenteeseen.

- a) Yleisin raivausjätteiden hävitysmenetelmä on niiden kuljettaminen kuorma-autolla läjitysalueelle. Menetelmää voidaan käyttää aina, sen työsuunnittelu on helppoa ja lopputulos on varma. Toisaalta kuljetukset tekevät sen kalliiksi ja varamaanottopaikalta penkereeseen tuotava vastaava materiaalmäärä on usein tarpeettoman hyvää ainesta, jolle olisi muutakin käyttöä.
- b) Raivausjätteiden siirto työmaan välittömässä läheisyydessä olevalle läjitysalueelle puskutraktorilla puskemalla tai pyöräkuormaajalla kantamalla ovat halpoja menetelmiä. Koska näin lähelle kuitenkin harvemmin voidaan läjittää, on niiden vaikutus kokonaismassavirtoihin vähäistä.
- c) Raivausjätteet voidaan korkeilla penkereillä sijoittaa luiskiin. Menetelmän etuna on sen halpa hinta ja se, että sillä korvataan muutoin luiskiin muualta ajettavaa materiaalia. Haitaksi voitaneen laskea, että menetelmä edellyttää erityisesti, että penkereen kuivatus varmistetaan.

Menetelmä	Etuja	Haittoja
Kuljetus läjitykseen KA:lla	<ul style="list-style-type: none"> - voidaan aina toteuttaa - varma lopputulos - helppo työnjohdolle 	<ul style="list-style-type: none"> - kallis - ei tuota korvaavaa materiaalia
Kuljetus läjitykseen puskemalla tai KUP:lla kantamalla	<ul style="list-style-type: none"> - halpa 	<ul style="list-style-type: none"> - soveltuu vain lyhyille siirtomatkoille - ei tuota korvaavaa materiaalia
Jätteet luiskiin	<ul style="list-style-type: none"> - halpa - korvaa luiskantäyttö-materiaalia - jos luiskia loivennetaan, parannetaan liikenneturvallisuutta 	<ul style="list-style-type: none"> - ei sovellu kaikkialle - tierakenteen kuivatus varmistettava
Haudaus kaivantoon sivuojan alle	<ul style="list-style-type: none"> - halpa - kaivannosta halvalla pengermateriaalia 	<ul style="list-style-type: none"> - ei sovellu kaikkialle - edellyttää ottamista huomioon suunnitteluvaiheessa

Taulukko 1: Yhteenveto raivausjätteiden hävittämismenetelmien eduista ja haitoista

- d) Raivausjätteiden hävittäminen sijoittamalla ne kaivantoon sivuojan ja ulkoluiskan alle on edullinen menetelmä pengerosuuksilla, jos kaivannosta saatava materiaali voidaan käyttää penkereeseen (kuva 3, taul. 1).



Kuva 3: Raivausjätteiden hautaus tien sivuun /6/

Uusissa päällysrakenteen suunnitteluohjeissa /5/ on varauduttu tien mahdolliseen myöhempään vähäiseen levantämiseen siten, että hautauskaivanto suositellaan sijoitettavaksi vähintään puoli metriä kauemmaksi kuin yleiset työselitykset /6/ edellyttävät (ks. liite 3).

Hautausmenetelmän etuna on kuljetusten väheneminen ja kaivannosta saatavan pengermateriaalin halpa hinta. Lisäksi se säästää maa-ainesvaroja myöhempään tarpeeseen. Haittapuoleksi voidaan katsoa, että se edellyttää menetelmän käytön huomioon ottamista jo tien suunnitteluvaiheessa.

3.2 Käyttömäärät

3.2.1 Toteutuma

Pintamaan raivausta tehtiin vuonna 1984 litteraraportin mukaan 7,3 milj. m². Tästä määrästä oli tiealueelle hautauksen osuus 0,27 milj. m² eli 3,6 %.

Litteraraportin avulla ei voida erottaa läjitysalueelle vietävien jätteiden määrää ns. luiskakolmioon sijoitettujen jätteiden määrästä, koska ne litteroidaan samalle litteralle. Vanhan

päällysteen poisto kuuluu myös samalle raivauslitteralle. Tämä on syytä ottaa huomioon suoritemääriä verrattaessa, koska suuri osa rakennushankkeista on rakenteen parantamistöitä. Päällystemateriaali voidaan myös kerätä talteen uudelleenkäyttöä varten.

Kaikista raivaustöistä on luiskaan sijoitusmenetelmän käytön osuus noin 15 %.

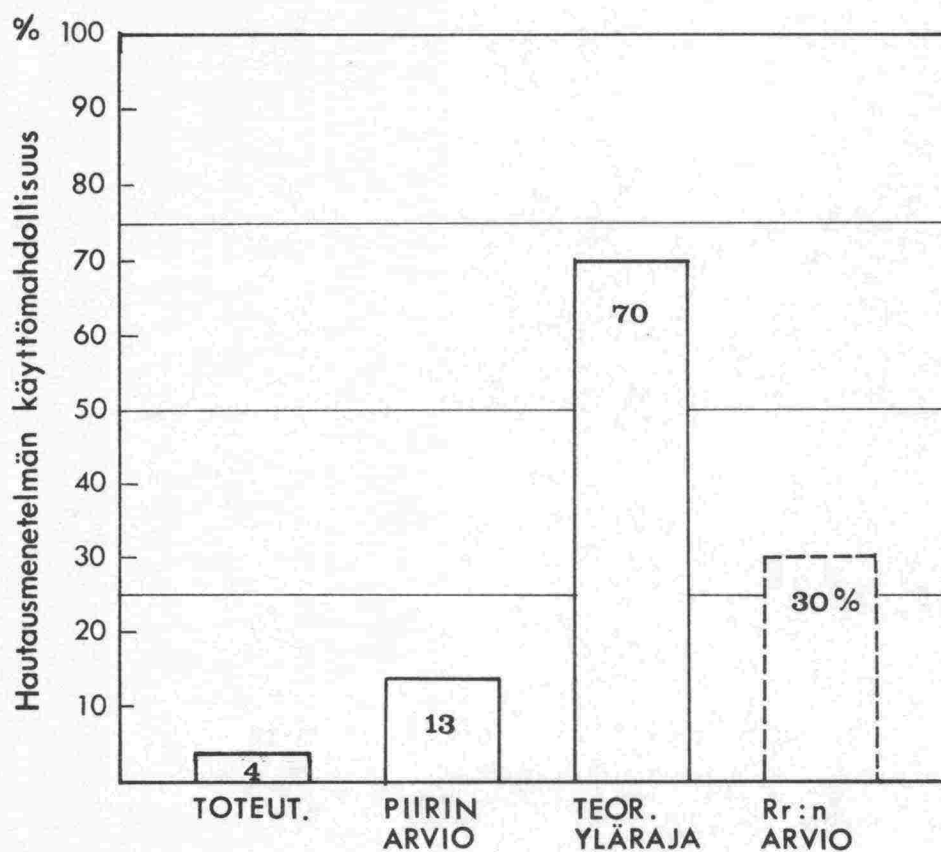
3.22 Mahdollisuudet

Paikalla rakentamismenetelmien käyttömahdollisuusselvityksen mukaan olisi hautausmenetelmää mahdollista käyttää noin 30 % (kuva 4) ja luiskaan sijoitusta noin 25 % raivauspituudesta /2/.

Tämä yhteensä 55 % raivauspituudesta vastaa 75 % raivatus penger-alustan pituudesta. Raivauspituus ja raivatus penger-alustan pituus eivät sisällä sellaisia vanhan tien päälle tehtäviä osuuksia, joilla ei raivata merkittävästi pintamaata.

Jos paikalla rakentamisen osuutta halutaan huomattavasti lisätä, edellyttäisi se mm.

- hautausmenetelmän käyttö olisi otettava huomioon suunnitelmissa
- helpotetaan tasausviivan muuttamista rakennusvaiheessa
- pyydetään urakkatarjouksia hautausmenetelmän mukaan tehtävästä työstä
- loivennetaan luiskia luiskaansijoituskohteissa, elleivät raivausmassat muutoin mahdu luiskiin. Tämä edellyttää riittävää tiealuetta
- pyritään johdonmukaisesti käyttämään mahdollisimman paljon hautausmenetelmää luiskaansijoituksen ja tavanomaisen raivauksen asemasta



Kuva 4: Hautausmenetelmän käyttömahdollisuus

3.3 Kustannukset

Raivausjätteiden hävittämismenetelmistä on tehty erillinen kustannusvertailu. Vertailtaviksi menetelmiksi valittiin tavanomainen raivaus, jossa jätteet viedään läjitysalueelle sekä raivausjätteiden hautaus sivuojan alle, koska siinä vähenevät kuljetukset sekä läjitysalueelle että varamaanotto-paikalta /3/.

Kustannusvertailussa oli muuttujina

- raivaussyvyys 0,15 - 0,25 m
- raivausleveys 10 - 20 m
- levennysraivauksen leveys 1 - 10 m
- kuljetusmatka läjitysalueelle 0,5 - 3 km

- kuljetusmatka varamaapaikalta 0,5 - 10 km
- vanhojen jätteiden "ylöskaivuprosentti" tien levennysvaiheessa 0 - 100 %
- kivisyys ja lohkareisuus otettu huomioon kustannusmerkitystä laskettaessa.

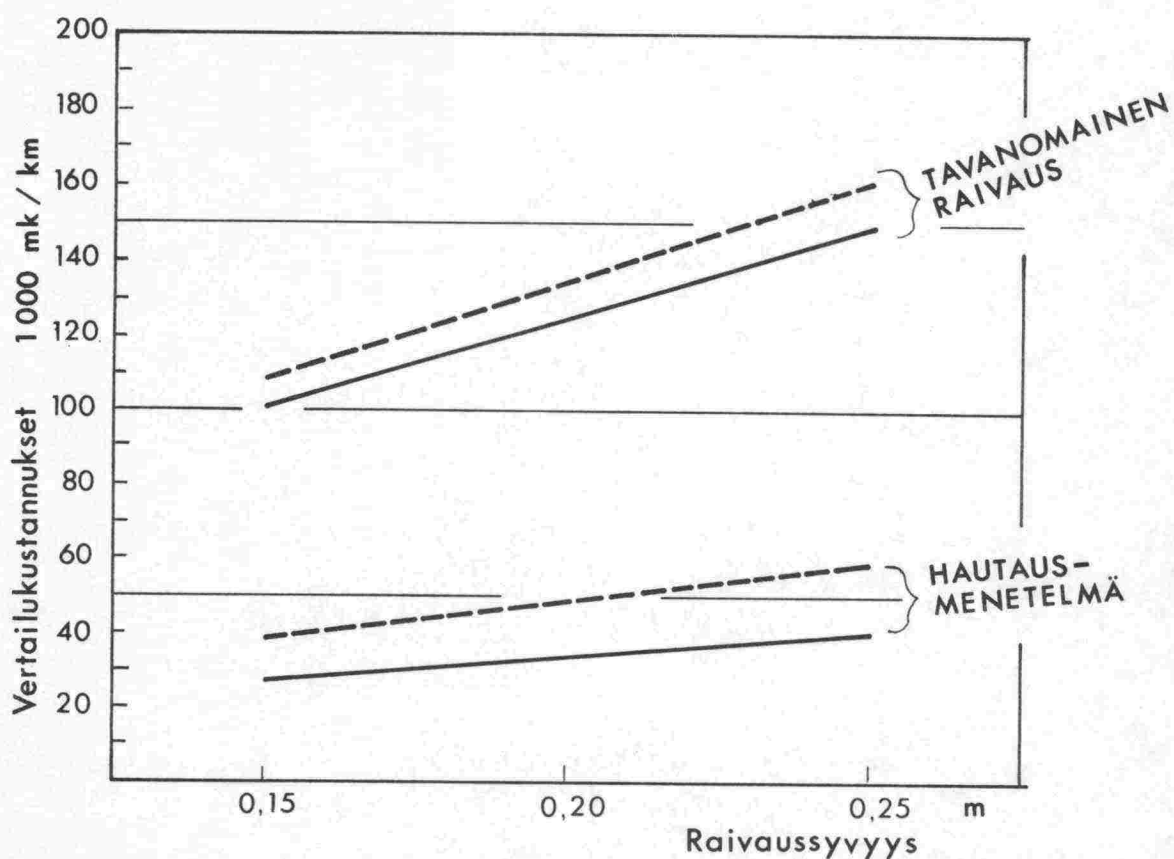
Laskelmien mukaan on raivausjätteiden hävittäminen hautaamalla keskimääräisissä olosuhteissa noin 70 % edullisempaa kuin niiden kuljetus läjitysalueelle.

Tien mahdollisen myöhemmän leventämisen jälkeenkin on rakentamis- ja leventämisvaiheiden kustannusten summa hautausmenetelmässä yli 60 % alhaisempi.

Raivausleveydellä 20 m on hautausmenetelmä ensimmäisessä rakennusvaiheessa noin 73 000 - 110 000 mk/km edullisempi kuin jätteiden kuljetus läjitysalueelle. Levennysvaiheen jälkeen kustannusero on 70 000 - 100 000 mk/km, (kuva 5)

Jos raivausleveys on 10 m, on ensimmäisen vaiheen kilometrikustannusten ero puolet edellä mainituista. Raivausleveys tutkituissa rajoissa ei vaikuta neliöhintoihin.

Jos hautausmenetelmän käyttö yleistyisi kahteenkymmeneen prosenttiin (nykyisin 3,6 %), saavutettaisiin laskelmien mukaan vuosittain noin 4,5 Mmk:n säästö.



Kuva 5: Raivausmenetelmien vertailukustannukset keskimääräisillä kuljetusmatkoilla

- ens. rakennusvaihe (raiv. lev. 20 m)
 - - - ens. rak.vaihe + levennysvaihe yht.
 (lisäraivausleveys 5 m)

3.4 Vaikutus laatuun

Raivausjätteiden hävittämismenetelmien vaikutuksesta tierakenteen laatuun tehtiin vuonna 1984 havaintoja ja mittauksia kahdeksan tie- ja vesirakennuspiirin 25:stä raivausjätteiden hautauskohteesta sekä kymmenestä luiskaan sijoituskohteesta.

Tutkimuskohteissa tehtiin kantavuus- ja tasaisuusmittauksia sekä havaintoja kuivatuksen toimivuudesta, halkeamista ja

muista laatutekijöistä. Mahdollisen laatuheikkouden yhteydessä pyrittiin selvittämään, onko paikalta saatu materiaali vaikuttanut siihen.

Kullekin kohteelle valittiin vertailukohde, joka hautauskohteissa oli yleensä tutkimuskohdan toinen tienpuolisko ja luiskaan sijoituskohteissa saman tien toinen kohta.

Laatuselvityksen tuloksista laadittiin väliraportti "Paikalla rakentamisen vaikutus laatuun" /4/. Sen keskeinen tulos oli, että paikalla rakentamisen työmenetelmillä ei ole voitu osoittaa olleen tien laatua ja kestävyyttä olennaisesti heikentäviä haittavaikutuksia.

Hautauskohteissa oli kevätkantavuus keskimäärin noin 4 % alhaisempi kuin vertailukohteissa. Kantavuuskeskiarvot olivat kuitenkin noin 42 % paremmat kuin rakenteen parantamisen suunnitteluohjeen /7/ mukaiset kevätkantavuuden tavoitearvot.

Hautausmenetelmä ei oikein käytettynä aiheuta merkittäviä kuivatushaittoja. Menetelmällä saavutetut säästöt ovat huomattavasti suuremmat kuin vähäisten sivuojan pohjan painumisten korjauskulut.

Hautausmenetelmässä rakennuspaikalta saatava pengermateriaali antaisi useassa tapauksessa mahdollisuuden nostaa halvalla pengerkorkeutta ja tasausviivaa.

Hautausmenetelmän käytön esteeksi on usein esitetty tien myöhempi mahdollinen leventämistarve. Jos hautausmenetelmää käytetään sekä tien rakentamis- että leventämisvaiheessa, on kaivannosta saatava pengermateriaali molemmissa vaiheissa samaa. Tästä on etua tien tasaisuuden kannalta.

Kun tavanomaista raivausmenetelmää käytettäessä tuodaan varmaapaikalta pengermateriaalia, on todennäköistä, että se on erilaista rakentamis- ja leventämisvaiheissa. Tältäkin kannalta olisi siten edullista käyttää hautausmenetelmää jo alunperin.

Tasaisuuden ja ulkonäkövirheiden osalta eivät tutkitut hautauskohteet eronneet olennaisesti vertailukohteista.

Luiskaan sijoituskohteissa kevätkantavuuskeskiarvot olivat keskimäärin 8 % alhaisempia kuin vertailukohteissa. Ne olivat kuitenkin keskimäärin 44 % paremmat kuin rakenteen parantamisen suunnitteluohjeen mukaiset kevätkantavuuden tavoitearvot.

Raivausjätteiden luiskakäytön ei havaittu aiheuttaneen puutteita kuivatuksessa. Urautumisen osalta jäi luiska- ja vertailukohteen ero hieman epämääräiseksi, koska ne olivat lähes kaikki öljysorapintaisia.

Vaikka jälkikäteen ei käytännössä ole täysin todettavissa onko kaikissa paikalla rakentamiskohteissa noudatettu asianmukaista rakentamistapaa, antaa tutkimus kuitenkin viitteitä siitä, että tien rungon kuivatuksen toimivuutta ei kaikissa tapauksissa ollut riittävästi otettu huomioon.

Laatuselvityksen mentyä tiedoksi piireille TVH:n kirjeellä nro O/Rr-90/27.6.1985 on sittemmin esitetty raporttia kohtaan kritiikkiä Hämeen piirin taholta. Tämä arvostelu perusteluineen on liitteenä 4.

Koska siinä asetetaan kyseenalaiseksi laatuselvitysraportin keskeiset johtopäätökset, on liitteessä 5 esitetty vastine kritiikkiin.

Edellä oleva huomioon ottaen voidaan todeta, että raivausjätteiden hävittämisellä rakennuspaikalla säästetään huomattavasti rakennuskustannuksia, mutta menetelmän vaikutus laatuun on olematon tai vähäinen. Vertailluilla menetelmillä pystytään täyttämään suunnitteluohjeiden /5/ ja työselitysten /6/ mukaiset laatuvaatimukset.

4. POHJAMAAN HOMOGENISOINTI

4.1 Työmenetelmät

Pohjamaan homogenisoinnilla pyritään poistamaan tien pinnan epätasaisuutta aiheuttava ja päällystettä rikkova epätasainen routimismousu sekä maakivien nousu tien rungossa.

Tieosuuksilla, joilla näitä haittoja on ollut odotettavissa, on aiemmin suoritettu massanvaihto tai vaurioiden ilmettyä on kaivettu yksittäisiä kiviä ylös ja tien parantamisen yhteydessä vaihdettu massat.

Uudempi työmenetelmä on pohjamaan homogenisointi ja maakivien poisto roudattomaan syvyyteen kaivukoneen piikkikauhalla. Piikkikauhassa on kolme noin 1,6 m pituista piikkiä esim. 35 cm välein.

Pohjamaan homogenisointiin on käytetty myös kuokkakauhalla varustettua kaivukonetta sekä takarepijällä varustettua puskuetraktoria.

Muita keinoja epätasaisen routimismousun ja maakivien nousun estämiseksi ovat lämpöeristäminen tai tasausviivan merkittävä nosto.

4.2 Käyttö

Pohjamaan homogenisoinnissa on yleisin toimintaväline kaivukone kuokkakauhalla.

Piikkikauhalla varustettu kaivukone on yleisin KS-, V- ja KP-piireissä /10/. Piikkikauhan yleistymisen eräänä esteenä on ollut, ettei siitä ole ollut riittävästi tarjontaa. Toisaalta ei usein ole ollut kysyntääkään.

4.3 Kustannukset

Keski-Pohjanmaan piirissä tehtiin v.1984 tutkimus kahdella rakenteenparantamistyömaalla käytetyistä työmenetelmistä epätasaisen routimisuuden poistamiseksi /11/.

Toisessa menetelmässä siirrettiin entiset kerrokset sivuun ja harattiin maapohja piikkikauhalla. Tämän jälkeen pohjamaa tasattiin, päälle vedettiin uusi eristyskerros ja vanhat päällysrakennekerrokset takaisin jakavaksi kerrokseksi sekä ajettiin uusi kantava kerros.

Toisessa menetelmässä ei pohjamaata harattu, vaan kelpaamaton perusmaa ajettiin läjitysalueelle. Kerrokset tehtiin kuten edellä mainitussa kohteessa.

Menetelmien kustannukset olivat:

	Kustannus mk/km
Piikkikauhamenetelmä	113 000
Massanvaihtomenetelmä	248 000
Erotus	- 135 000

Taulukko 3: Vertailukustannukset kahdessa rakenteenparantamiskohteessa /11/

Piikkikauhan käyttö oli 135 000 mk/km (54 %) halvempaa kuin massanvaihto.

Pohjamaan harauksen osuus kustannuksista oli 3 800 mk/km.

Ruotsissa tehdyn tutkimuksen mukaan maksoi 80-95 kiven poisto pohjamaasta piikkikauhalla tien rakennusvaiheessa 50 m matkalta 6,5 m leveällä tiellä yhtä paljon kuin yhden lohkarkeen poisto jälkikäteen valmiista tiestä /12/.

4.4 Vaikutus laatuun

Tiepohjan homogenisoinnilla saadaan tiepohja tasaisemmin routivaksi ja kivien poistolla rakentamisvaiheessa vältetään kivien nousun aiheuttamien epätasaisuuksien korjaamiselta myöhemmin.

Piikkikauhalla varustettu kaivukone soveltuu parhaiten isojen kivien poistoon pohjamaasta ja hyvin myös maapohjan homogenisointiin.

Maatutkalla ei tehdyn tutkimuksen mukaan pystytty paikallistamaan kiviä maapohjasta riittävän luotettavasti /12/.

Kuokkakauhalla varustettu kaivukone homogenisoi maapohjan hyvin, mutta sillä ei pystytä poistamaan kiviä yhtä tehokkaasti kuin piikkikauhalla.

Piikkikauhalla haratun maapohjan tiivistämiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Painumisesta aiheutuvien vaurioiden välttämiseksi kannattaa päällystäminen tehdä vasta seuraavana vuonna.

5. MUITA PAIKALLA RAKENTAMISMENETELMIÄ

Edellä on käsitelty yksityiskohtaisemmin kolmea paikalla rakentamismenetelmää

- raivausjätteiden hautaus sivuojan alle
- raivausjätteiden sijoitus luiskaan
- pohjamaan homogenisointi ja kivien poisto piikkikauhalla.

Näiden lisäksi voidaan rakennuspaikalta saatavia materiaaleja hyödyntää mm. seuraavissa menetelmissä:

- ojamassojen pengerkäyttö
- ojamassojen luiskakäyttö
- liikkuvan murskauslaitoksen käyttö rakenteen parantamistyömaalla.

Ojamassojen penger- ja luiskakäyttö ovat nykyisin yleisiä menetelmiä, liikkuvan murskauskäytön käyttö on vielä toistaiseksi kokeiluasteella.

6. SUOSITUKSIA MENETELMIEN KÄYTÖSTÄ

- a) Raivausjätteiden hautausta tien sivuojan alle kannattaa lisätä raivausjätteiden läjityksen ja luiskaan sijoituksen kustannuksella.
- b) Raivausjätteiden hautaus ja luiskakäyttö tulisi ottaa huomioon tien suunnitteluvaiheessa.
- c) Valmiita suunnitelmia kannattaa tarkistaa hautausmenetelmän käytön lisäämiseksi.
- d) Helpotetaan tasausviivan muuttamista rakennusvaiheessa.
- e) Rakennuskohteissa, joissa hautaus on mahdollista, tulisi urakkatarjous pyytää aina hautausmenetelmän mukaisesta työstä. (Samoin oma tarjous).
- f) Jollei hautauskaivannosta saatava materiaali kelpaisi penkereeseen tai jos hautausta ei muutoin voida käyttää, pyritään raivausjätteet sijoittamaan luiskiin.
- g) Raivausjätteiden luiskiin sijoitusta kannattaa usein käyttää vaikka luiskia loiventamalla.
- h) Pohjamaan homogenisointi ja maakivien poisto piikkikauhalla on suositeltavaa tienrakentamis- ja parantamishankkeilla, jos alusrakenteen tai vanhan tierakenteen epätasalaatuisuus saattaa aiheuttaa myöhemmin epätasaisuutta valmiille tielle.
- i) Piikkikauhalla harattu tieosuus tulee päällystää vasta seuraavana vuonna.

ALUSRAKENTEEN JAKAUTUMINEN KANTAVUUSLUOKKIIN

laskettuna v. 1971 kantavuustarkkailun

koepisteiden perusteella

		Kantavuusluokka						Σ
		A	B	C	D	E	F	
Piiri								
Uusimaa	kpl	166	86	85	130	16	-	493
	%	34	19	17	26	4		100
Turku	kpl	552	190	66	333	850	563	2 554
	%	22	7	3	13	33	22	100
Häme	kpl	99	11	43	124	818	507	1 602
	%	6	1	3	7	51	32	100
Kymi	kpl	70	-	172	7	189	12	450
	%	15		38	2	42	3	100
Mikkeli	kpl	20	61	57	236	234	5	613
	%	3	10	9	39	38	1	100
Pohjois-Karjala	kpl	6	453	114	315	740	228	1 856
	%	0,3	24,7	6	17	40	12	100
Kuopio	kpl	77	9	-	-	287	31	404
	%	19	2			71	8	100
Keski-Suomi	kpl	-	-	1 086	-	-	-	1 086
	%			100				100
Vaasa	kpl	-	-	-	-	-	-	
	%							0
Keski-Pohjanmaa	kpl	-	-	-	-	-	-	
	%							0
Oulu	kpl	4	14	157	1400	188	11	1 774
	%	0,2	0,8	9	79	10	0,6	100
Kainuu	kpl	47	38	83	129	908	138	1 345
	%	4	3	6	9	68	10	100
Lappi	kpl	-	5	189	22	839	24	1 079
	%		0,5	17,5	2	78	2	100
Σ	kpl	1 041	877	2 052	2 696	5 069	1 519	13 254
	%	8	7	16	20	38	11	100

51 %



49 %

ALUSRAKENTEEEN JAKAUTUMINEN KANTAVUUSLUOKKIIN

vuoden 1980 laadunvalvontatulosten perusteella
(kaikki päällysrakenneluokat)

Piiri		Kantavuusluokka						Σ
		A	B	C	D	E	F	
Uusimaa	kpl	389	74	-	131	2 329	128	3 051
	%	12,8	2,4		4,4	76,2	4,2	100
Turku	kpl	11	2	-	10	499	53	575
	%	2,0	0,3		1,7	86,8	9,2	100
Häme	kpl	68	138	76	203	412	49	946
	%	7,2	14,6	8,0	21,5	43,5	5,2	100
Kymi	kpl	2	14	13	15	196	17	257
	%	0,8	5,4	5,1	5,8	76,3	6,6	100
Mikkeli	kpl	55	1	-	50	395	-	501
	%	11,0	0,2		10,0	78,8		100
Pohjois-Karjala	kpl	28	122	68	120	855	112	1 305
	%	2,2	9,3	5,2	9,2	65,5	8,6	100
Kuopio	kpl	10	5	24	171	702	9	921
	%	1,1	0,5	2,6	18,6	76,2	1,0	100
Keski-Suomi	kpl	53	1	20	55	901	28	1 058
	%	5,0	0,1	1,9	5,2	85,1	2,7	100
Vaasa	kpl	14	-	-	96	778	25	913
	%	1,5			10,5	85,2	2,8	100
Keski-Pohjanmaa	kpl	-	-	2	209	1 447	197	1 855
	%			0,1	11,3	78,0	10,6	100
Oulu	kpl	2	-	-	176	717	47	942
	%	0,2			18,7	76,1	5,0	100
Kainuu	kpl	41	150	270	308	414	62	1 245
	%	3,3	12,0	21,7	24,7	33,3	5,0	100
Lappi	kpl	17	84	182	94	1 685	86	2 148
	%	0,8	3,9	8,5	4,4	78,4	4,0	100
Σ	kpl	690	591	655	1661	11330	813	15 740
	%	4,4	3,8	4,2	10,6	72,0	5,0	100

23 %



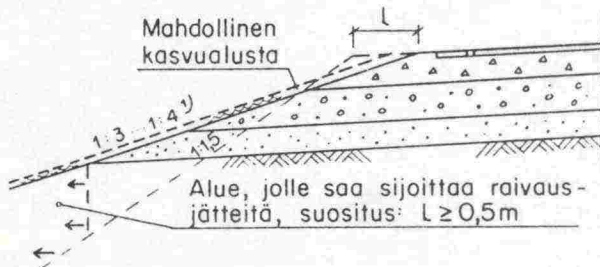
77 %

Rakenteen poikkileikkaus /5/

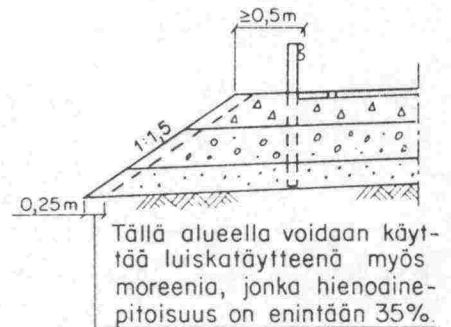
Rakennekerrosten luiskan enimmäiskaltevuus

I Ei erillistä luiskatäytettä

a) Ei kaidetta

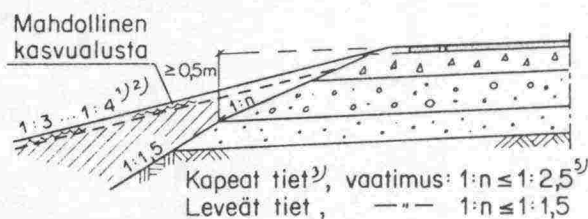


b) Kaide

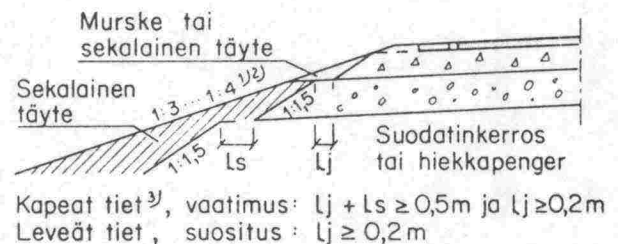


II Routiva luiskatäyte 4)

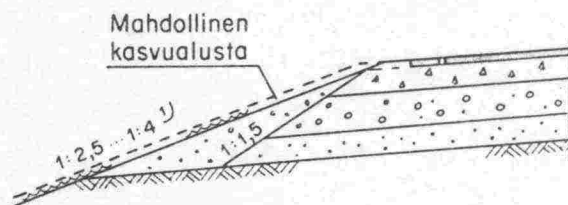
a) Porrastamaton luiska



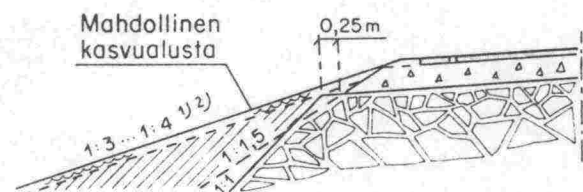
b) Porrastettu luiska



III Routimaton kitkamaa luiskatäytteenä



IV Louherakenne, routiva luiskatäyte 4)



1. Liikenneturvallisuus ja tien ulkonäkö määräävät luiskan enimmäiskaltevuuden (Teiden suunnittelu, osa III, kohta 1 Poikkileikkaus, osa V, kohta 2 Kaiteet). Tarvittaessa voidaan käyttää vieläkin loivempaa luiskaa.
2. Luiskatäytteen materiaali (Sa, Si, SiMr) saattaa vaatia loivemman luiskan.
3. Leveä tie: kaksikaistainen tie, leveys pientareineen $\geq 9\text{m}$, ulkopiennar $\geq 1,0\text{m}$.
4. Kuivatus vaatii kohdan 6.21 mukaisia järjestelyjä (salaoja, aukko luiskatäytteeseen).
5. Kohdan II luiskakaltevuus tai porrastus koskee päällysrakenteen ja routimattoman penkereen yläosaa noin 0,5m:n syvyyteen tien pinnasta, käytännössä jakavaa ja kantavaa kerrosta. Tämän alapuolella kaltevuus on 1:1,5 tai sama kuin päällysrakenteen yläosassa. Maalaatikossa päällysrakenteen alaosa saa kaventua 0,5m:n syvyydestä alkaen, routa- ja kantavuusmitoituksella saatu rakennepaksuus ei saa kuitenkaan alittua millään ajoradan kohdalla.

Kuva 61:2

Tampere 18.7.1985

No 2875

Vlts TVH:n kirje O/Rr-90/
C.3.2.2 27.6.1985

Tie- ja vesirakennushallitus
Rakentamistalouden toimisto

Asia Raivausjätteiden sijoittaminen
sivuojan alle tai luiskiin

Viitekirjeessä ja Pasma-projektin väliraportin tiivistelmässä on maininta, että raivausjätteiden hautaamisella sivuojan alle tai sijoittamisella luiskaan ei tehdyn selvityksen mukaan ole voitu osoittaa olevan tien laatua tai kestävyyttä olennaisesti heikentäviä haittavaikutuksia.

Tämä johtopäätös ei väliraportin perusteella näytä aivan oikeaan osuneelta. Ns. hautaamiskohteissa kantavuusalueella 130 - 250 MN/m² kantavuus on yleensä jäänyt selvästikin pienemmäksi kuin vertailukohteissa (väliraportin sivu 8). Mistä tämä voisi johtua, jää epäselväksi.

Eniten arveluttaa, mitä raivausjätteiden sijoittaminen luiskiin vaikuttaa reunakantavuuteen. Tutkimuskohteissa ulomman ajo-uran kantavuus oli keskim. 83 % keskiviivalta mitatusta kantavuudesta, vertailukohteissa 93 % (sivu 15). Tätä eroa voinee pitää olennaisena. Tilastollista tarkastelua ei väliraportissa tosin ole, mutta näyttää siltä, että reunakantavuus on alentunut.

Tiivistelmässä annetaan siis menetelmästä liian myönteinen kuva. Jos on tarkoitus sanoa, että tutkimus oli niin suppea tai hajonta niin suuri, ettei varmoja vastauksia kysymyksiin saatu, on tämä syytä sanoa selvästi. Joka tapauksessa tutkimuksen tulokset ovat sensuuntaisia, ettei tällä tavalla ole saatu aivan yhtä hyvää tulosta kuin normaalilla tavalla. Myöhempi leventämistarve on myös otettava huomioon.

Piiri-insinööri

Martti Annila

TIEDOKSI

Tienrakennustoimisto
Maatutkimustoimisto
Rakennustoimiala

MA/ER

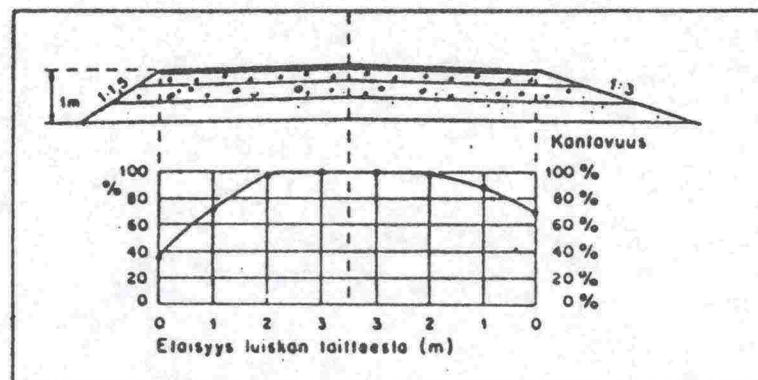
VASTINE HÄMEEN PIIRIN ESITTÄMÄÄN PAIKALLA RAKENTAMISEN LAATUVAIKUTUSRAPORTIN KRITIIKKIIN

Kysymykset/Häme	Vastaukset
<p>1. Mistä johtuu, että hautaamiskohteissa kantavuusalueilla 130 - 250 MN/m² kantavuus on yleensä jäänyt selvästi pienemmäksi kuin vertailukohteissa.</p>	<p>Kantavuus oli tosin alhaisempi hautauskohteissa, mutta ero tälläkin kantavuusalueella on keskimäärin vain 7 %. Näin pieni ero ei vaikuta rakenteen kestävyYTEEN, kun tavoitekantavuudetkin ylitettiin.</p>
<p>2. Eniten arveluttaa, mitä raivausjätteiden sijoittaminen luiskiin vaikuttaa reunakantavuuteen. Tutkimuskohteissa ulomman ajouran kantavuus oli keskim. 83 % keskiviivalta mitatusta kantavuudesta, vertailukohteissa 93 %.</p>	<p>Uusissa rakenteen suunnitteluohjeissa /5/ rakennekerrosten luiskan kaltevuus saa olla enintään 1:2,5 alle 9 m levyisillä teillä ja tällä pyritään poistamaan reunakantavuusongelma. Rakennekerrosten luiskia loivennettaessa vähentyy luiskaansijoitusmenetelmässä saavutettava materiaalisäästö jonkin verran, ellei myös luiskatäytteen yläpinnan kaltevuutta samalla loivenneta, ks. liite 3.</p>

Kysymykset/Häme

Vastaukset

Ruotsalaisen selvityksen mukaan on 7 m leveällä tiellä ulommasta ajourasta mitattu kantavuus noin 85 % sisemmän ajouran kantavuudesta /8/ Suomalaiset laskelmat ovat samaa suuruusluokkaa (kuva).



Kuva: Reunaetäisyyden vaikutus tien kantavuuteen (luisk.kalt. 1:1,5/1:3). Reunaetäisyyden vaikutus sama tien leveydestä ja tavoitekantavuudesta riippumatta /9/.

Raivausjätteiden luiskaansijoituskohteissa ei reuna-kantavuus edellä olevan perusteella poikkea olennaisesti muun vastaavan tien tavanomaisista arvoista.

Kysymykset/Häme	Vastaukset
<p>3. Oliko tutkimusaineisto liian suppea?</p>	<p>Tutkimusaineisto ei muodostunut laajemmaksi osittain menetelmien vähäisen käytön vuoksi (neljästä piiristä ei löytynyt kohteita ollenkaan). Hautausmenetelmän 25:sta kohteesta jouduttiin jättämään kantavuustarkastelujen ulkopuolelle kaikki 6 Hämeen piirin kohdetta, koska niissä ei ollut mitattu asfalttibetonin pintalämpötilaa kantavuusmittausten yhteydessä. Tutkimusaineiston perusteella ei voida kuitenkaan esittää, että menetelmä vaarantaisi laatua. Laatuvaikutusseurantaa jatketaan.</p>
<p>4. Myöhempi leventämistarve on otettava huomioon.</p>	<p>Tehdyn kustannusvertailun mukaan ei tien mahdollinen myöhempi leventäminen vaikuta merkittävästi rakentamis- ja leventämisvaiheen kustannusten summan perusteella määräytyviin eroihin. Jos sekä rakentamis- että leventämisvaiheessa käytetään hautausmenetelmää, on pengermateriaali molemmissa vaiheissa samaa, mikä vaikuttaa edullisesti tasaisuuteen. Rakennettaessa suunnitteluohjeen /5/ suositusten mukaan vältetään vähäisten levennyksen yhteydessä vanhojen raivausjätteen ylös kaivamiselta (ks. liite 3).</p>

KIRJALLISUUSVIITTEET

- /1/ Selvitys materiaalien käytön nykytilasta, TVH/Rr 1978
- /2/ Paikalla rakentamisen menetelmien käyttömahdollisuudet raivausjätteiden hävittämisessä, PASMA-projektin osaraportti, TVH/Rr 1986
- /3/ Raivausjätteiden hävittämismenetelmien kustannusvertailu, PASMA-projektin osaraportti, TVH/Rr 1986
- /4/ Paikalla rakentamisen vaikutus laatuun, PASMA-projektin väliraportti, TVH/Rr 1985
- /5/ Teiden suunnittelu, TVL:n ohjeet, IV Tien rakenne, TVH 1985
- /6/ Tienrakennustöiden yleinen työselitys, TVH 732455/1978
- /7/ Tien rakenteen parantaminen, suunnitteluohje, TVH 722336/1980
- /8/ Bärighet nära vägkant, Dda-rapport 85604-27, VV 1985
- /9/ Tiensuunnittelun infolehti nro 3, TVH/Sts 1982
- /10/ Tienrakentamisen menetelmien käyttöselvitys, TVH/Rr 1984
- /11/ Vertailututkimus massanvaihdesta ja pohjamaan harauksesta, TVL/K-P 14/1984
- /12/ Uppfrysande block, Dda-rapport 85702-22, VV 1985